

Semiconductor light-emitting device double-heterogeneity structure and light-emitting diode

Publication number: CN1395320

Publication date: 2003-02-05

Inventor: JIANG FENGYI (CN); WANG LI (CN); MO CHUNLAN (CN)

Applicant: JIANGXI FANGDA FUVE INFORMATIO (CN)

Classification:

- international: **H01L33/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00**

- European:

Application number: CN20011022276 20010705

Priority number(s): CN20011022276 20010705

Also published as:

 CN1253947C (C)

[Report a data error here](#)

Abstract of CN1395320

The invention relates to the double-heterostructure of the semiconductor light emitting device and the light emitting diode (LED). The double-heterostructure consists of the n type aluminium-gallium-nitrogen layer, the indium-gallium-nitrogen layer, n type aluminium-gallium-nitrogen layer in sequence. The LED is composed of the substrate, the buffer layer, the n type gallium nitride layer, the double-heterostructure and the p type gallium nitride layer.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.⁷
H01L 33/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01122276.X

[43] 公开日 2003 年 2 月 5 日

[11] 公开号 CN 1395320A

[22] 申请日 2001.7.5 [21] 申请号 01122276.X

[71] 申请人 江西方大福科信息材料有限公司

地址 330029 江西省南昌市高新技术开发区

[72] 发明人 江风益 王立 莫春兰 李述体

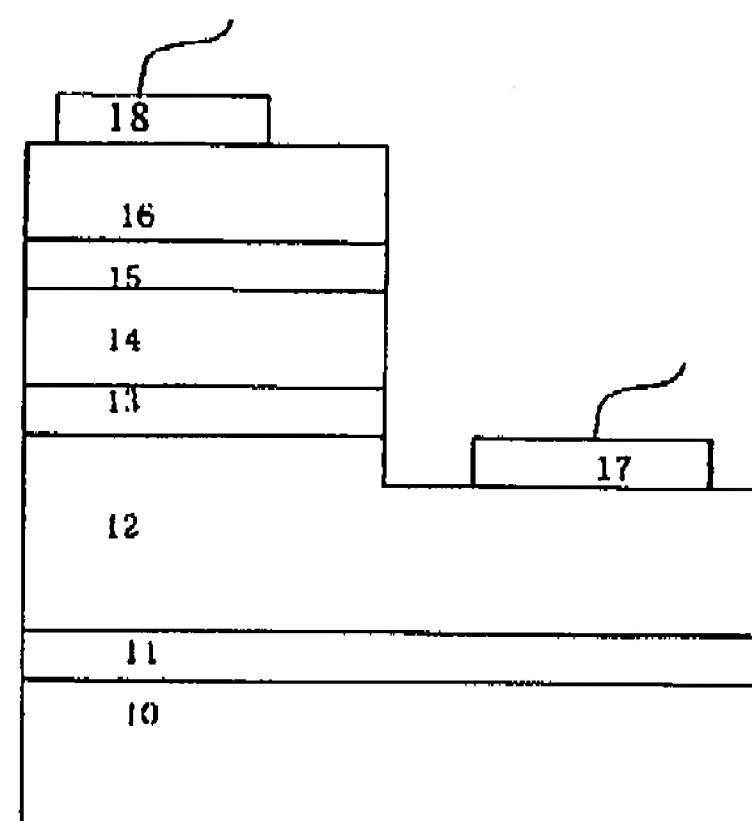
熊传兵 彭学新 李鹏

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 6 页

[54] 发明名称 半导体发光器件双异质结构及发光二极管

[57] 摘要

半导体发光器件双异质结构及发光二极管，双异质结构依次由 n 型铝镓氮层、铟镓氮有源层、n 型铝镓氮层组成，发光二极管由衬底、缓冲层、n 型氮化镓层、双异质结构、p 型氮化镓层组成，本发明具有方法较为简单，生产的发光二极管发光效率高等特点。



ISSN 1008-4274

-
1. 发光二极管的双异质结构, 依次由第一铝镓氮层、铟镓氮层、第二铝镓氮层组成, 其特征是第一铝镓氮层和第二铝镓氮层都为 n 型, 第二铝镓氮层的厚度
- 5 限制在 p-n 结耗尽层的 n 区内。
- 2、根据权利要求 1 所述的双异质结构, 其特征是所述第二铝镓氮层的厚度为 2nm-20nm, 载流子浓度范围为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。
- 3、一种基于双异质结构的发光二极管, 依次由衬底、缓冲层、n 型氮化镓层、第一铝镓氮层、铟镓氮层、第二铝镓氮层、p 型氮化镓层构成, 其特征是第一铝
- 10 镓氮层和第二铝镓氮层都为 n 型, 第二铝镓氮层的厚度限制在 p-n 结耗尽层的 n 区内。
- 4、根据权利要求 3 所述的发光二极管, 其特征是缓冲层为一层以上。

半导体发光器件双异质结构及发光二极管

本发明涉及一种氮化镓(GaN)基半导体发光器件的双异质结构及基于这种特殊的双异质结构的氮化镓基的半导体发光二极管。

- 5 氮化镓(GaN)是一种直接宽带隙半导体,具有3.4eV的带隙宽度。当形成铟镓氮(InGaN)、铝镓氮(AlGaN)等合金时,它们具有1.9eV—6.2eV连续可变的直接带隙。因此是制作可见光区域和紫外光区域的光发射器件的理想材料。

在现有技术中,为了使GaN基的发光二极管获得高亮度的发光,大量采用双异质结构。现有的双异质结构一般以InGaN作为有源层,InGaN合金中In的组分
10 达到一定的浓度就可使二极管发出紫光、蓝光或绿光。由于InN的蒸气压较高,为了保证足够量的In组分,一般要在相对较低的温度下生长这一层,然后再升高温度生长p型层。图6是现有技术中一种典型的GaN基发光二极管的剖面结构示意图。其中[61]为衬底,[62]为氮化镓缓冲层,[63]为n型GaN层,[64]为n型AlGaN层,[65]为InGaN有源层,[66]为p型AlGaN层,[67]为p型GaN层。根据图6所示结构,p-n结形成于p型AlGaN层[66]和InGaN有源层[65]之间。如前
15 所述,InGaN层和p型AlGaN层是在不同的温度下生长的。一般InGaN层生长温度为700-800℃,而p型AlGaN层的生长温度为950-1100℃,因为这两层的生长温度差异很大,因此p型的AlGaN层和n型的InGaN层之间形成的p-n结很难获得好的反型界面,不易获得突变结,因而影响了二极管的发光效率。

- 20 本发明的目的是提供一种具有陡峭的p-n结的半导体发光器件双异质结构以及基于这种双异质结构的具有更高发光效率的发光二极管。

本发明所述的双异质结构是:用一个n-AlGaN层取代传统双异质结构中位于InGaN层之上的p-AlGaN层,即形成n-AlGaN层/InGaN层/第二n-AlGaN层的双异结构。采用这种双异质结构,p-n结形成在p-GaN层和第二n-AlGaN层之间,
25 因为这两层的生长温度相同或接近,更易于获得陡峭的突变结,所以发光效率将被提高。

为了解决n-AlGaN层取代p-AlGaN层后,电子和空穴可能在AlGaN层复合发光的问题。本发明是通过使AlGaN层在二极管工作情况下限制在p-n结耗尽层

的 n 区内来解决的。因为, 根据耗尽层近似理论, 对于特定的材料, p-n 结的空间电荷区的宽度由外加电压以及 p-n 结两侧的掺杂情况等因素决定。对于特定的 GaN 基发光二极管, 其工作电压是一定的, 因此, 只要在材料生长时, 结合以上因素控制适当的掺杂浓度和层厚, 就能使该 AlGaIn 层在二极管工作情况下限制在 p-n 结耗尽层的 n 区内, 使注入的绝大多数电子和空穴将不会在 AlGaIn 层复合发光, 而在 InGaIn 层复合发光。

本发明所述的双异质结构的第二 n-AlGaIn 层的厚度最好为 2nm-20nm, 其载流子浓度范围为 $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

本发明提供的基于上述双异质结构的发光二极管的一种结构是: 从下到上包括一个衬底, 形成在衬底上的半导体缓冲层, 在缓冲层之上形成一 n-GaN 层, 然后再是本发明上述双异质结构的第一 n-AlGaIn 层、InGaIn 有源层和第二 n-AlGaIn 层, 以及生长于第二 n-AlGaIn 层之上的 p-GaN 层。此外, 在 n-GaN 层之上形成一个 n 型电极, 在 p-GaN 层之上形成一个 p 型电极。

本发明提供的基于上述双异质结构的发光二极管的另一种结构是: 从下到上包括一个衬底, 形成在衬底上的半导体缓冲层, 在缓冲层之上形成的 n-GaN 层, 然后依次是本发明所述双异质结构的第一 n-AlGaIn 层、InGaIn 有源层和第二 n-AlGaIn 层, 以及生长于第二 n-AlGaIn 层之上的 p-GaN 层。此外, 在衬底的背面形成一个 n 型电极, 在 p-GaN 层之上形成一个 p 型电极。

为了更进一步地缓和衬底和 GaN 叠层之间的应力, 改善 GaN 叠层的结晶性能, 防止龟裂, 本发明还可以在半导体缓冲层之上形成的第二半导体缓冲层, 第三半导体缓冲层等等。

综上所述, 本发明提供了一种特殊的 AlGaIn/InGaIn 双异质结构, 利用该结构, 能生产出具有高发光效率的发光二极管, 且生产方法较为简单。

图 1 是本发明一种实施例的发光二极管剖面结构示意图。[10]为衬底, [11]为 GaN 缓冲层, [12]为 n-GaN 层, [13]为第一 n-AlGaIn 层, [14]为 InGaIn 有源层, [15]为第二 n-AlGaIn 层, [16]为 p-GaN 层, [17]为 n 型电极, [18]为 p 型电极。

图 2 是本发明另一种实施例的发光二极管剖面结构示意图。[20]为衬底, [21]为第一层 GaN 缓冲层, [22]为第二层 GaN 缓冲层, [23]为 n-GaN 层, [24]为第一

n-AlGaN 层, [25]为 InGaN 有源层, [26]为第二 n-AlGaN 层, [27]为 p-GaN 层, [28]为 n 型电极, [29]为 p 型电极。

图 3 是本发明第三种实施方案的结构示意图。[30]为衬底, [31]为 GaN 缓冲层, [32]为 n-GaN 层, [33]为第一 n-AlGaN 层; [34]为 InGaN 有源层, [35]为第二 n-AlGaN 层, [36]为 p-GaN 层, [37]为 n 型电极, [38]为 p 型电极。

图 4 是根据本发明生长工艺温度随时间变化的曲线。

图 5 是本发明发光二极管在 300K 下的电致发光图。

图 6 是现有技术中一种典型的氮化镓基发光二极管剖面结构示意图。[61]为衬底, [62]为氮化镓缓冲层, [63]为 n 型 GaN 层, [64]为 n 型 AlGaN 层, [65]为 InGaN 有源层, [66]为 p 型 AlGaN 层, [67]为 p 型 GaN 层。

本发明将通过以下实施例作进一步地说明。

实施例 1: 如图 1 所示, 发光二极管从下到上包括蓝宝石衬底[10], 形成在衬底上的 GaN 缓冲层[11], 在缓冲层[11]之上形成的 n-GaN 层[12], 然后再是本发明所述双异质结构的第一 n-AlGaN 层[13]、InGaN 有源层[14]和第二 n-AlGaN 层[15], 以及生长于第二 n-AlGaN 层[15]之上的 p-GaN 层[16]。此外, 在 n-GaN 层[12]之上形成一个 n 型电极[17], 在 p-GaN 层[16]之上形成一个 p 型电极[18]。其中 InGaN 有源层[14]不掺杂, 第二 n-AlGaN 层[15]约有 2×10^{17} 的 n 型浓度, 厚度约为 20 nm, p-GaN 层[16]约有 5×10^{18} 的 p 型浓度。

实施例 2: 如图 2 所示, 发光二极管从下到上包括蓝宝石衬底[20], 形成在衬底上的 AlGaN 缓冲层[21], 在 AlGaN 缓冲层[21]之上形成的 GaN 第二缓冲层[22], 在缓冲层[22]之上形成的 n-GaN 层[23], 然后再是本发明所述双异质结构的第一 n-AlGaN 层[24]、InGaN 有源层[25]和第二 n-AlGaN 层[26], 以及生长于第二 n-AlGaN 层[26]之上的 p-GaN 层[27]。此外, 在 n-GaN 层[23]之上形成一个 n 型电极[28], 在 p-GaN 层[27]之上形成一个 p 型电极[29]。其中 InGaN 有源层[25]掺入约 2×10^{18} 的杂质硅, 第二 n-AlGaN 层[26]约有 5×10^{17} 的 n 型浓度, 厚度 10 nm, p-GaN 层[27]约有 2×10^{18} 的 p 型浓度。

实施例 3: 如图 3 所示, 发光二极管从下到上包括硅衬底[30], 形成在衬底上的 GaN 缓冲层[31], 在缓冲层[31]之上形成的 n-GaN 层[32], 然后依次是本发明

所述双异质结构的第一 n-AlGaIn 层[33]、 InGaIn 有源层[34]和第二 n-AlGaIn 层[35]，以及生长于第二 n-AlGaIn 层[35]之上的 p-GaN 层[36]。此外，在衬底[30]之上形成一个 n 型电极[37]，在 p-GaN 层[36]之上形成一个 p 型电极[38]。其中 InGaIn 有源层[34]同时掺有杂质硅和锌，第二 n-AlGaIn 层[35]约有 1×10^{18} 的 n 型浓度，厚度为 2 nm，p-GaN 层[36]约有 1×10^{18} 的 p 型浓度。

综上所述，本发明的发光二极管用一个 n 型 AlGaIn 层代替现有技术中常用的 p 型 AlGaIn 层，可以获得更有效的载流子注入，从而提高发光效率。

5

10

15

20

25

30

35

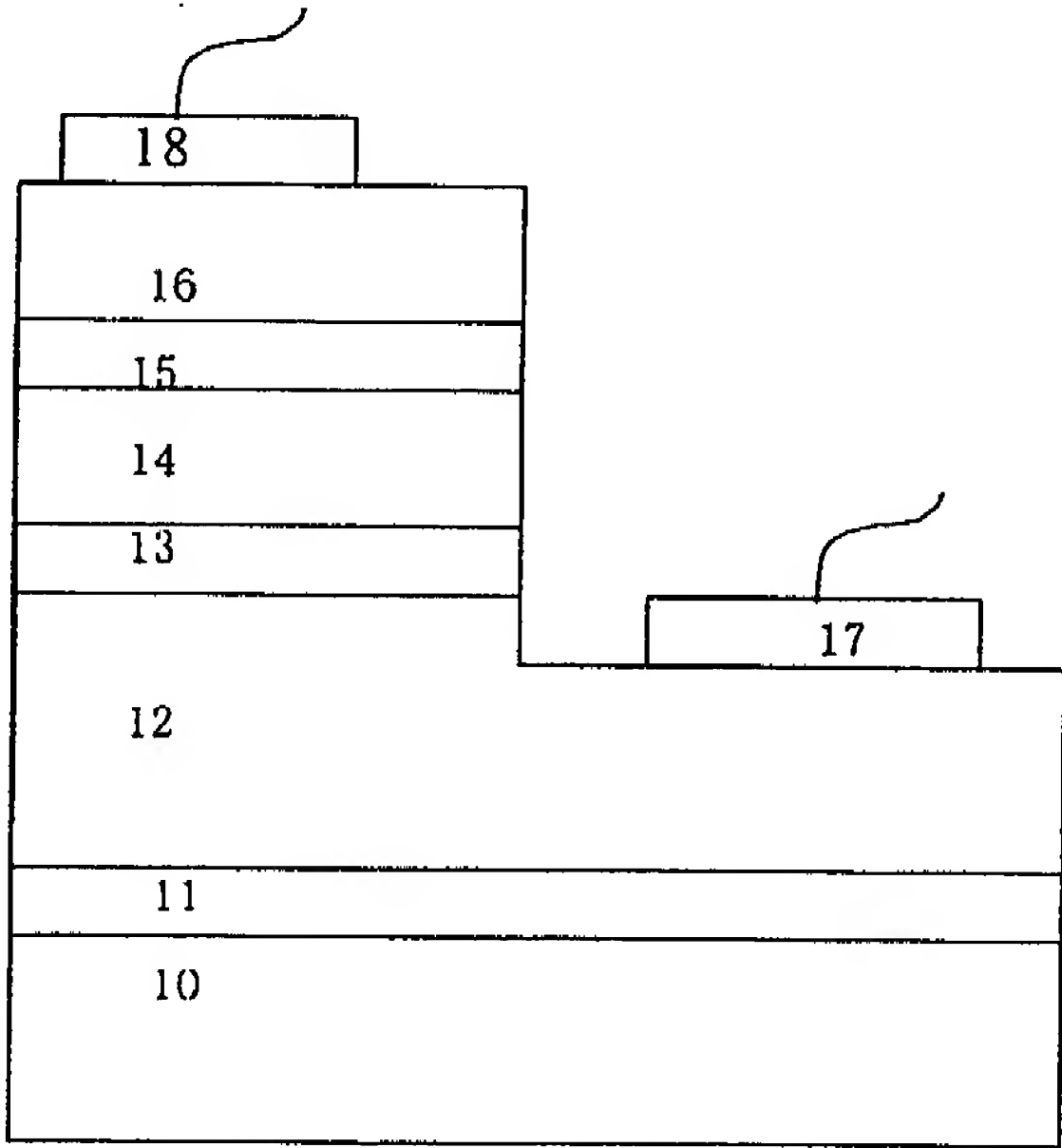


图 1

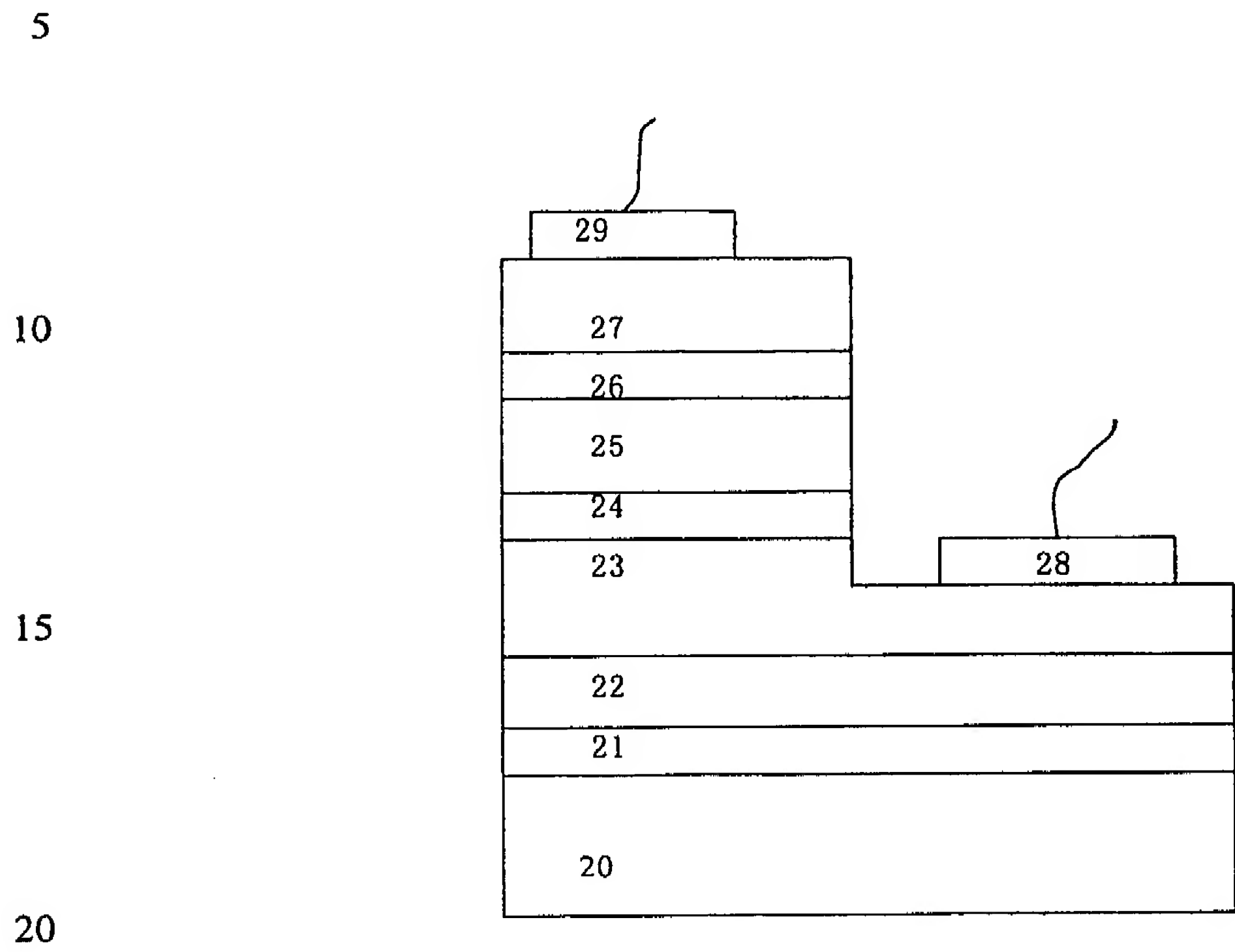


图 2

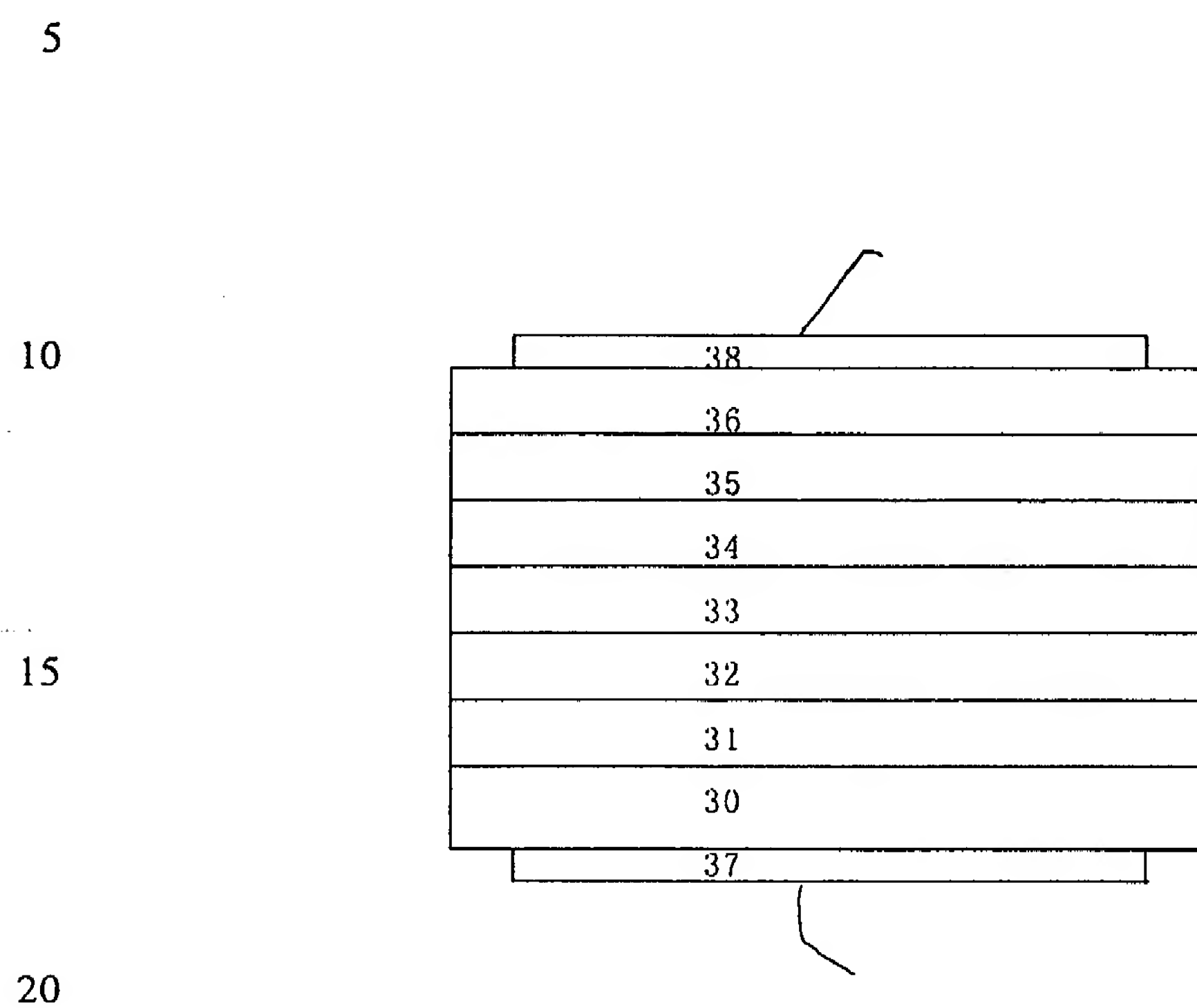


图 3

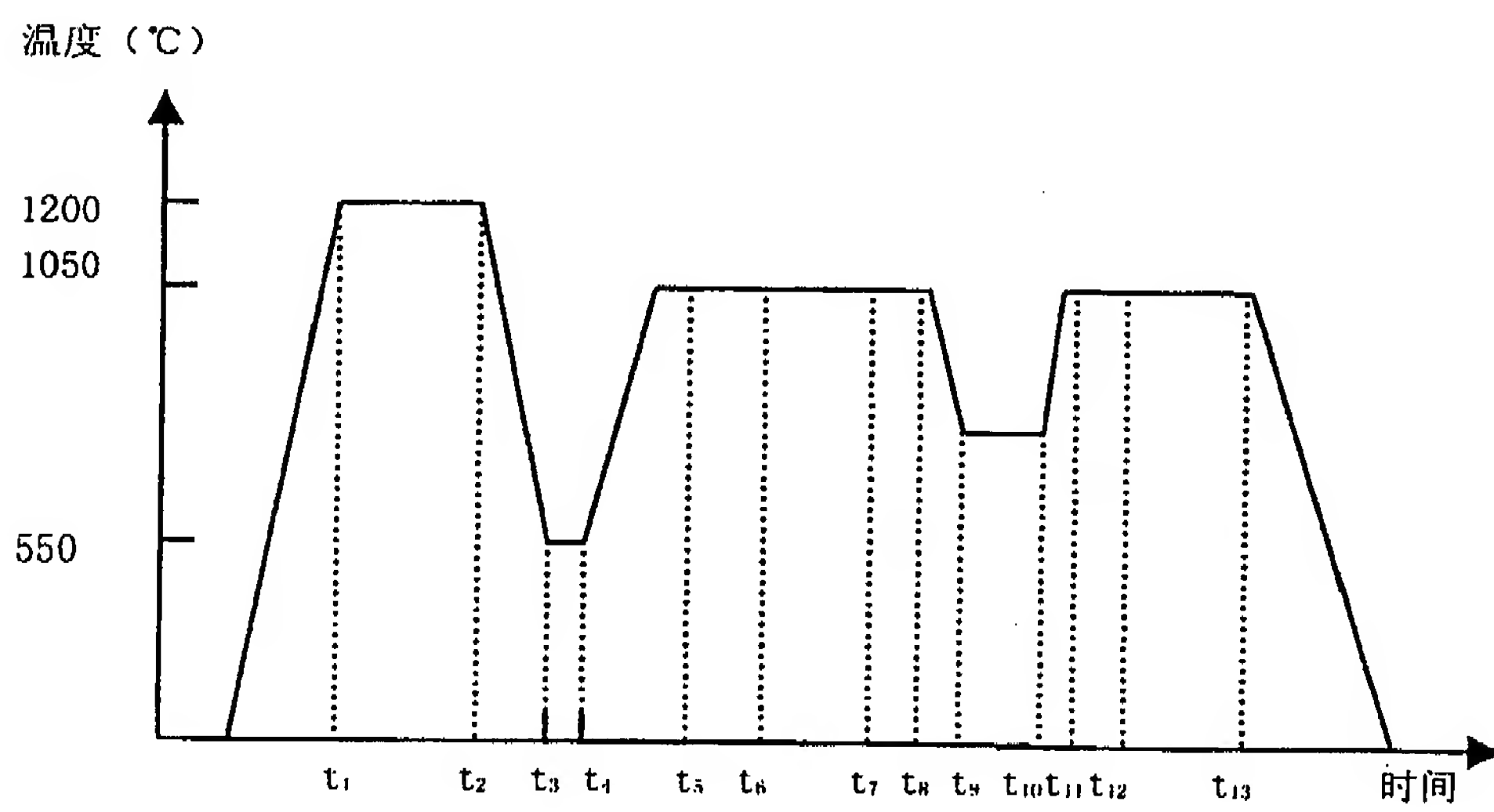


图 4

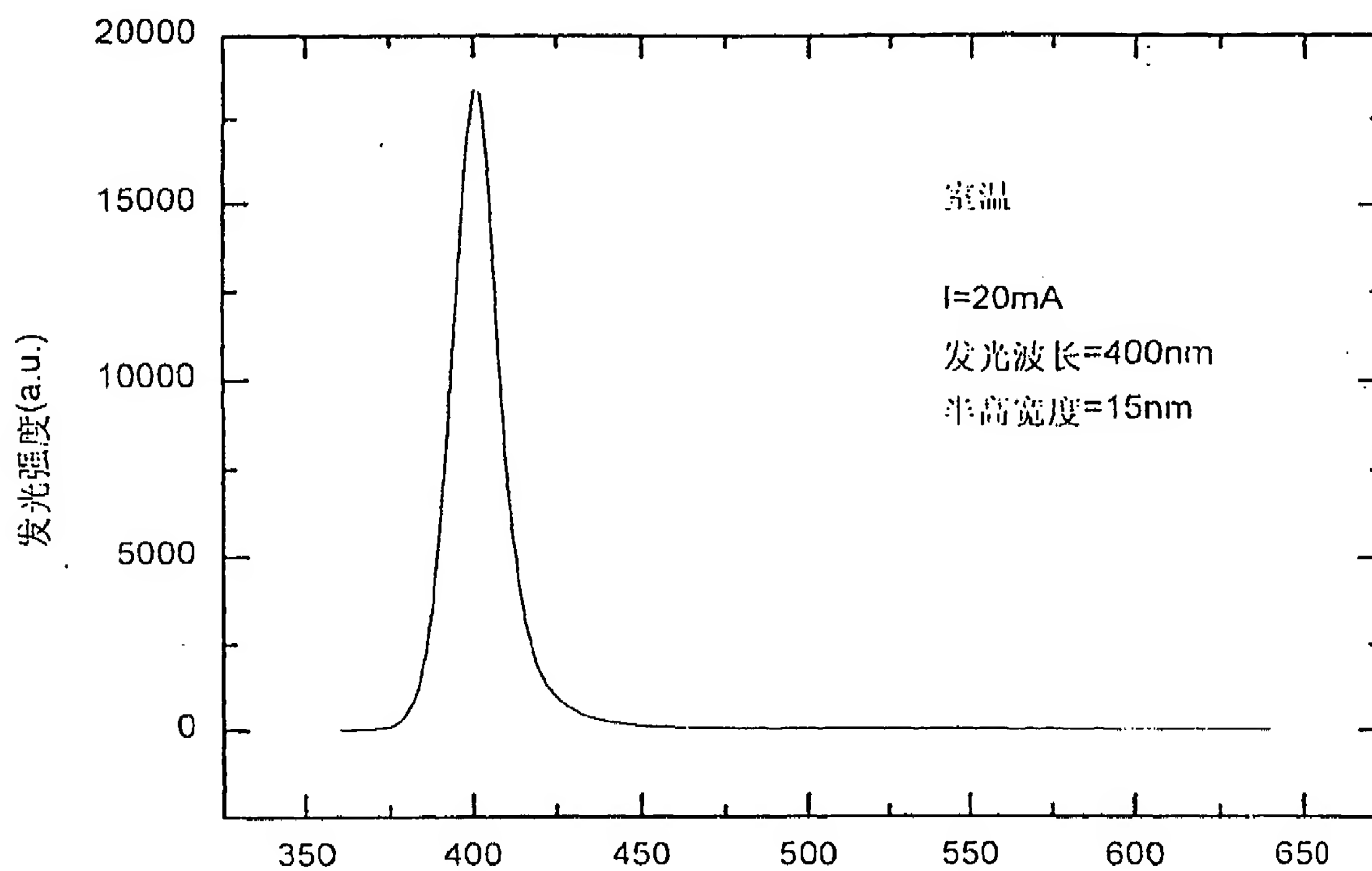


图 5

5

10

15

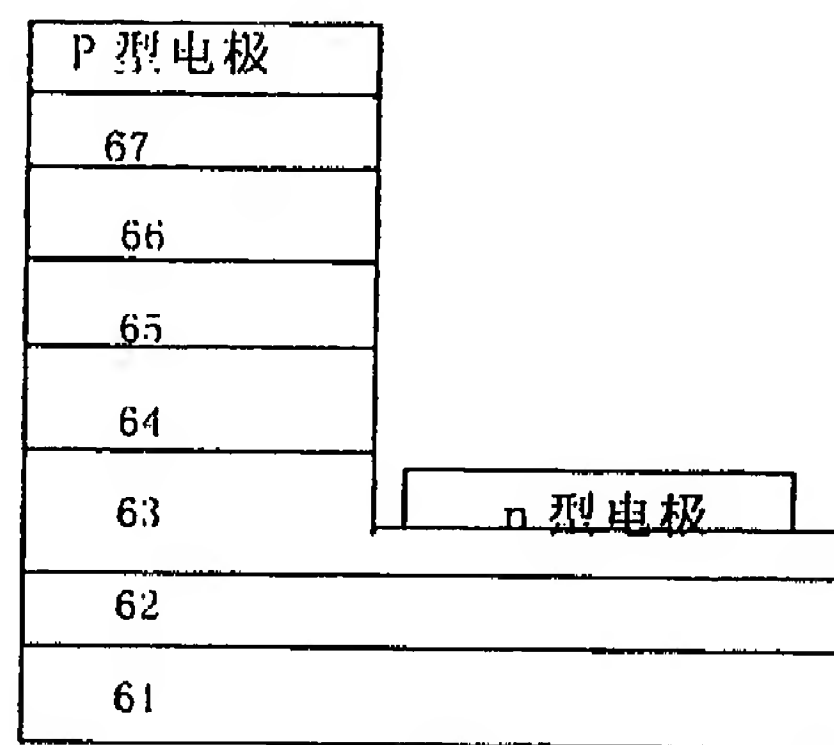


图 6